

## Text

AN: PAT 2003-559596

TI: Internal combustion engine operating process involves monitoring of storage-regeneration mode and switching to normal mode when efficiency falls below set value

PN: WO2003060306-A1

PD: 24.07.2003

AB: NOVELTY - The operating process is for an engine (10). In a controlled storage-regeneration mode, nitrogen oxides are stored in the storage catalyst and regenerated in rich operating mode. The efficiency of the storage-regeneration mode is monitored. When its efficiency falls below a threshold value, the engine is switched to normal mode.; USE - For an engine with a catalytic converter. ADVANTAGE - More efficient treatment of exhaust gas during low fuel consumption.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic illustration of the process. Engine 10

PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;

IN: SCHNAIBEL E; WINKLER K; WOLL C;

FA: WO2003060306-A1 24.07.2003; DE10201989-A1 31.07.2003;

CO: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP; LU; MC; NL; PT; SE; SK; TR; US; WO;

DN: JP; US;

DR: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC; NL; PT; SE; SK; TR;

IC: F01N-003/20; F01N-009/00; F02D-041/14; F02D-041/38;

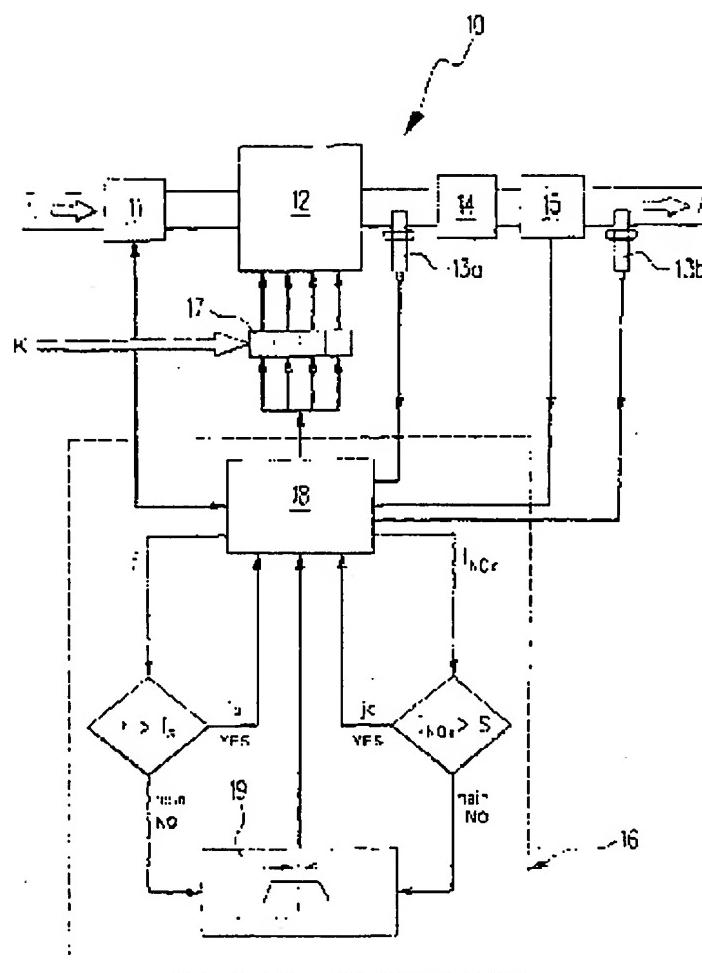
DC: Q51; Q52;

FN: 2003559596.gif

PR: DE1001989 21.01.2002;

FP: 24.07.2003

UP: 10.09.2003







**(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 01 989 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 N 9/00**  
F 02 D 41/38

**⑦ Anmelder:**

(74) Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

72 Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

### ⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 199 53 601 A1  
 DE 198 50 786 A1  
 DE 197 44 738 A1  
 DE 197 03 295 A1  
 DE 195 22 165 A1  
 DE 100 17 940 A1

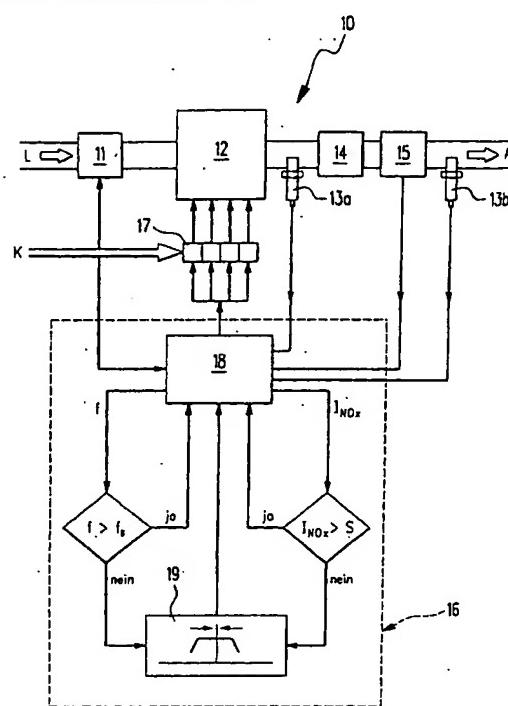
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

#### 54 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und Brennkraftmaschine

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), insbesondere zum Reduzieren des NOx-Anteils des Abgases der Brennkraftmaschine (10), wobei in einem gesteuerten/geregelten Speicher-Regenierer-Betrieb in bei magerem Betrieb ( $\lambda > 1$ ) NOx im Speicherkatalysator (15) eingespeichert wird (Speicherphase) und bei fettem Betrieb ( $\lambda < 1$ ) der Speicherkatalysator (15) regeneriert wird (Regenerierphase).

Die Erfindung kennzeichnet sich dadurch, dass der Wirkungsgrad des Speicher-Regenerier-Betriebs betrachtet wird und bei Unterschreiten unter einen Schwellenwert ( $S, f_g$ ) vom Speicher-Regenerier-Betrieb in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird.



DE 10201989 A1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere zum Reduzieren des NOx-Anteils des Abgases der Brennkraftmaschine, wobei in einem Speicher-Regenerier-Betrieb bei magerem Betrieb ( $\lambda > 1$ ) NOx im Speicherkatalysator eingespeichert wird (Speicherphase) und bei fettem Betrieb ( $\lambda < 1$ ) der Speicherkatalysator regeneriert (Regenerierphase) wird.

[0002] Brennkraftmaschinen, die mit sauerstoffreichem Luft-Kraftstoff-Gemisch ( $\lambda > 1$ ) betrieben werden (z. B. Magerkonzepte, Benzin-Direkteinspritzung im Teillastbetrieb, Benzin-Direkteinspritzung im Schichtbetrieb), weisen im Vergleich zu konventionellen Brennkraftmaschinen NOx-Konzentrationen im Abgas auf, die nicht über einen Drei-Wege-Katalysator in ausreichendem Maße konvertiert werden können (Sauerstoffüberschuss). Für eine Reduzierung des NOx-Anteils im Abgas findet der NOx-Speicherkatalysator Verwendung. Dieser ist zusammen mit dem im mageren Abgas vorhandenen Sauerstoff in der Lage, die Stickoxide an seiner Oberfläche in Form von Nitraten anzulagern. Sobald aber das Speicher vermögen des Speicherkatalysators erschöpft ist, muss der Speicherkatalysator regeneriert werden. Dazu wird kurzfristig auf fetten Betrieb, insbesondere fetten Homogenbetrieb, umgeschaltet, wobei das Nitrat vor allem zusammen mit CO zu Stickstoff reduziert wird. Zur Steuerung der Speicher- und Regenerierphasen sind Daten des Speicherkatalysator, die dessen Absorptions- und Desorptions-Eigenschaften beschreiben, in einem Steuergerät gespeichert. Sensoren, insbesondere Lambdasonden, überwachen vor und hinter dem Speicherkatalysator die Abgaswerte. Das Umschalten von der Speicher- zur Regenerierphase erfolgt gemäß dem bekannten Stand der Technik zyklisch, wobei der fette Homogenbetrieb einige Sekunden bis wenige Minuten dauern kann.

[0003] Bei dem bekannten Verfahren hat sich als nachteilig herausgestellt, dass die Speicherkatalysatoren einer Alterung und Vergiftung durch insbesondere Schwefel unterliegen und die Konvertierungsleistung abnimmt. Der Wirkungsgrad der Abgasnachbehandlung wird dadurch verringert.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, bei dem der Wirkungsgrad der Abgasnachbehandlung bei niedrigem Kraftstoffverbrauch trotz einer Alterung und Vergiftung des Speicherkatalysators optimiert wird.

## Vorteile der Erfindung

[0005] Die genannte Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, dass der Wirkungsgrad des Speicher-Regenerier-Betriebs betrachtet wird und bei Unterschreiten unter einen Schwellenwert vom Speicher-Regenerier-Betrieb in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird. Es hat sich gezeigt, dass bei alternden oder vergifteten Speicherkatalysatoren die Speicherphasen kürzer werden müssen. Dies hat zur Folge, dass relativ häufig in die Regenerierphase geschaltet wird, was aufgrund des kleinen Lambdawertes in der Regenerierphase ( $\lambda$  ca. 0,8) mit einem erhöhten Kraftstoffverbrauch verbunden ist. Der Wirkungsgrad wird schlechter. Erfindungsgemäß wird dann in den homogenen Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet, wenn der Kraftstoffverbrauch in diesem Betrieb günstiger ist als im Speicher-Regenerier-Betrieb. Die Ab-

gasnachbehandlung erfolgt dann über einen bekannten Drei-Wege-Katalysator. Insgesamt wird dadurch der Wirkungsgrad verbessert. Die Brennkraftmaschine wird durch die Erfindung also emissionsoptimal derart gesteuert, dass der homogene Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) dem einen erhöhten Kraftstoffverbrauch und damit schlechten Wirkungsgrad aufweisenden Speicher-Regenerier-Betrieb bevorzugt wird.

[0006] Denkbar ist, dass der Schwellenwert als konstanter oder variabler Wert vorgegeben wird, der beispielsweise von der Art der Brennkraftmaschine, von der Betriebsart der Brennkraftmaschine und von spezifischen Speicherkatalysatorwerten abhängig sein kann.

[0007] Der Wirkungsgrad wird vorteilhafterweise anhand des Kraftstoffverbrauchs ermittelt, wobei der Kraftstoffverbrauch insbesondere über das Integral des im Speicher-Regenerier-Betrieb eingespritzten Kraftstoffs ermittelbar ist.

[0008] Der Wirkungsgrad kann auch anhand der NOx-Emission hinter dem Speicherkatalysator ermittelt werden, wobei insbesondere im mageren Betrieb ein Integral über die NOx-Rohemissionen gebildet werden kann und bei Umschaltung von der Speicherphase zur Regenerierphase überprüft wird, ob das Integral eine Schwelle überschritten oder unterschritten hat, wobei dann in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird, wenn das Integral über die

[0009] NOx-Rohemissionen die Schwelle unterschreitet. Wird festgestellt, dass das Integral eine vorgegebene Schwelle überschreitet, so wird die NOx-Regenerierung als notwendig und richtig erkannt. Wird hingegen die Schwelle unterschritten, so ist die vorgesehene Regenerierhäufigkeit zu hoch bzw. der Speicherkatalysator muss, beispielsweise aufgrund seiner Alterung oder Vergiftung, früher regeneriert werden als vorgesehen. Ein solches Verfahren bietet also ein Kriterium für die Konvertierungsleistung des Speicherkatalysators.

[0010] Ferner ist denkbar, dass der Wirkungsgrad anhand der Regenerierfrequenz der Umschaltung von der Speicherphase zu der Regenerierphase ermittelt wird. Vorteilhaft ist, wenn dann in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird, wenn die Regenerierfrequenz eine Schwellfrequenz überschreitet. Erhöht sich die Regenerierfrequenz, so kann daraus auf eine mangelnde Konvertierungsleistung des Speicherkatalysators geschlossen werden.

[0011] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass vom Normalbetrieb wieder in den Speicher-Regenerier-Betrieb geschaltet wird, wenn sich wenigstens eine Randbedingung des Speicherkatalysators einen Grenzwert über- oder unterschreitet. Der Grenzwert kann ein konstanter oder variabler Wert sein.

[0012] Als Randbedingung kann insbesondere die Katalysatortemperatur herangezogen werden, wobei der variable Grenzwert aus der aus der Umschalttemperatur des Speicherkatalysators beim Umschalten in den homogenen Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) minus bzw. plus einer Temperaturdifferenz gebildet wird. Es wird dann in den Speicher-Regenerier-Betrieb zurückgeschaltet, wenn die tatsächliche Katalysatortemperatur den Grenzwert über bzw. unterschreitet. Dies hat den Vorteil, dass die tatsächliche Katalysatortemperatur während des homogenen Normalbetriebs ( $\lambda = 1$ ) auf einen vorteilhaften Wert gebracht wird, wobei der Speicherkatalysator im Temperaturbereich der Umschalttemperatur minus bzw. plus der Temperaturdifferenz eine hohe Konvertierungsleistung aufweist. Liegt die Umschalttemperatur in einem hohen Bereich, so wird aus dem Normalbetrieb erst dann in den Speicher-Regenerier-Betrieb geschaltet, wenn sich der Speicherkatalysator um die Temperaturdifferenz abgekühlt hat. Liegt die Umschalttemperatur hingegen in einem niederen Bereich, so wird aus dem Normalbetrieb erst dann wieder in den Speicher-Regenerier-Betrieb

geschaltet, wenn sich der Speicherkatalysator um die Temperaturdifferenz erwärmt hat. In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, dass bei älteren bzw. vergifteten Speicherkatalysatoren die Konvertierungsleistung vor allem an den Arbeitstemperaturgrenzen des Speicherkatalysators stark abnehmen. Deswegen ist es insbesondere bei älteren Speicherkatalysatoren wichtig, dass diese nicht an den Arbeitstemperaturgrenzen, sondern im mittleren Bereich der Arbeitstemperatur betrieben werden. Aufgrund der Verschiebung der Arbeitstemperatur von der Umschalttemperatur um die jeweilige Temperaturdifferenz kann gewährleistet werden, dass der Speicherkatalysator im mageren Betrieb dauerhaft im mittleren Bereich betrieben wird.

[0012] Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird. Besonders bevorzugt ist, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

[0013] Die Erfindung betrifft ferner ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Um die eingangs genannten Vorteile erzielen zu können, ist dieses zum Steuern und/oder Regeln der erfindungsgemäßen Verfahren geeignet.

[0014] Die Erfindung betrifft schließlich noch eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Brennraum und mit einem das den Brennraum verlassenden Abgas führenden Abgasstrang, mit Mitteln zum Einstellen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses im Brennraum, mit wenigstens einem in dem Abgasstrang angeordneten Drei-Wege-Katalysator und mit wenigstens einem in dem Abgasstrang angeordneten NOx-Speicherkatalysator, wobei bei magerem Betrieb (Luftüberschuss) NOx im NOx-Speicherkatalysator gespeichert wird (Speicherphase), bei fettem Betrieb (Luftmangel) der Speicherkatalysator regeneriert wird (Regenerierphase) und bei Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) im Drei-Wege-Katalysator eine katalytische Abgasnachbehandlung erfolgt, und wobei ein Steuer- und/oder Regelgerät die Brennkraftmaschine gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren steuert bzw. regelt.

### Zeichnung

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Einzelheiten der Erfindung sind der folgenden Beschreibung zu entnehmen, in der die Erfindung anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben und erläutert ist.

[0016] In der Zeichnung zeigen:

[0017] Fig. 1 die NOx-Konvertierung über der Katalysator-Temperatur;

[0018] Fig. 2a das Integral NOx-Rohemission über der Zeit;

[0019] Fig. 2b die Regenerierfrequenz;

[0020] Fig. 2c die Umschaltung Homogenbetrieb-Schichtbetrieb;

[0021] Fig. 3 die Katalysatortemperatur über der Zeit mit der Umschaltung Homogenbetrieb-Schichtbetrieb; und

[0022] Fig. 4 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine.

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0023] Fig. 1 gibt qualitativ die NOx-Konvertierung  $K_{NOx}$  über der Katalysatortemperatur  $T_{Kat}$  eines neueren Speicherkatalysators Kat<sub>1</sub> und eines älteren bzw. vergifteten Speicherkatalysators Kat<sub>2</sub> wieder. Der neuere Speicherkatalysator Kat<sub>1</sub> weist eine hohe Konvertierungsleistung auf. Der

bevorzugte Arbeitsbereich ist mit a gekennzeichnet. Die Konvertierungsrate Kat<sub>2</sub> des älteren Speicherkatalysators liegt aufgrund der Alterung unterhalb der Konvertierungsrate des neueren Kat<sub>1</sub>. Der optimale Arbeitstemperaturbereich des älteren Kat<sub>2</sub> ist mit b gekennzeichnet.

Im Bereich der Arbeitstemperaturgrenzen G<sub>1</sub> und G<sub>2</sub> ist die Konvertierungsrate des neueren Kat<sub>1</sub> noch relativ hoch, wobei der Kat<sub>2</sub> in diesen Temperaturbereichen G<sub>1</sub> und G<sub>2</sub> fast keine bzw. eine sehr geringe NOx-Konvertierungsrate aufweist.

Im mittleren Bereich der Arbeitstemperaturbereiche a und b ist eine Referenztemperatur T<sub>ref</sub> eingezeichnet, in deren Bereich eine optimale Konvertierung sowohl bei dem neueren Kat<sub>1</sub> als auch bei dem älteren Kat<sub>2</sub> vorliegt.

[0024] Fig. 2a zeigt das Integral der NOx-Rohemission I<sub>NOx</sub> über der Zeit t. Bei Beginn der Speicherphase ist I<sub>NOx</sub> Null.

Während einer Speicherphase nimmt bis zum Zeitpunkt t<sub>1</sub> die eingespeicherte Menge NOx bis zu dem Wert I<sub>max</sub> zu. Bei Erschöpfen des Speichervermögens wird kurzfristig gemäß Fig. 2c auf fetten Homogenbetrieb B<sub>h</sub> umgeschaltet, wobei das sich in dem Speicherkatalysator angemessene Stickoxid in Form von Nitrat zusammen mit CO zu Stickstoff reduziert wird. Nachdem sich der Speicherkatalysator vollständig regeneriert hat, wird wieder auf mageren bzw. fettfreien Schichtbetrieb B<sub>s</sub> umgeschaltet; Stickoxide sammeln sich folglich erneut in dem Speicherkatalysator. Aufgrund von Alterungsprozessen nimmt erfahrungsgemäß das Speichervermögen des Speicherkatalysators über längere Zeiträume betrachtet ab.

[0025] Unterschreitet das Integral der NOx-Rohemission eine Schwelle S, bzw. erhöht sich die in Fig. 2b wiedergegebene Regenerierfrequenz f aufgrund des abnehmenden Speichervermögens, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die Konvertierungsleistung des Speicherkatalysators nachlässt. Bei Unterschreiten der Schwelle S bzw. bei Überschreiten einer Frequenz f<sub>s</sub> kann mittels eines Drei-Wege-Katalysators eine bessere Abgaskonvertierung erfolgen. Der durch den mageren Schichtbetrieb erzielte Kraftstoffverbrauchsvorteil ist dann durch häufiges Regenerieren nicht mehr gegeben. Günstiger ist, wie in Fig. 2c dargestellt, wenn dauerhaft in den homogenen Normalbetrieb B<sub>h</sub> mit  $\lambda = 1$  geschaltet wird.

[0026] Bei mangelhaftem Wirkungsgrad des Speicher-Regenerier-Betriebs und einer daraus resultierenden Umschaltung in den homogenen Normalbetrieb der kann gemäß Fig. 4 der Fall vorliegen, dass die tatsächliche Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> nicht im Bereich der Katalysator-Referenz-Temperatur T<sub>ref</sub> sondern im Bereich der Arbeitstemperaturgrenzen G<sub>1</sub> und G<sub>2</sub> liegt. Zur Verschiebung der Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> in den bevorzugten Arbeitsbereich des Speicherkatalysators 15 wird folgendermaßen vorgegangen:

Wird von dem Speicher-Regenerier-Betrieb in den homogenen Normalbetrieb geschaltet, wird als Randbedingung die Umschalttemperatur T<sub>U</sub> abgespeichert. Ist die Umschalttemperatur T<sub>U</sub> höher als die Referenztemperatur T<sub>ref</sub>, so wird erst dann wieder in Speicher-Regenerier-Betrieb geschaltet, wenn die tatsächliche Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> einen Wert erreicht hat, der die Umschalttemperatur T<sub>U</sub> minus einer Temperaturdifferenz  $\Delta T$  beträgt. Ist dagegen die Umschalttemperatur T<sub>U</sub> kleiner als die Referenztemperatur T<sub>ref</sub>, so wird dann in Speicher-Regenerier-Betrieb geschaltet, wenn die tatsächliche Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> einen Wert erreicht hat, der die Umschalttemperatur T<sub>U</sub> plus Temperaturdifferenz  $\Delta T$  beträgt.

[0027] In Fig. 3 ist der Fall veranschaulicht, bei dem die tatsächliche Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub>, die in Fig. 3 über der Zeit aufgetragen ist, beim Setzen des dauerhaften homogenen Normalbetriebs als Umschalttemperatur T<sub>U</sub> abgespeichert wird. Wird also gemäß Fig. 2a der Schwellenwert S

unterschritten oder gemäß Fig. 2b die Schwellfrequenz  $f_s$  überschritten, so wird gemäß Fig. 3 im Punkt P<sub>1</sub> bei der Umschalttemperatur T<sub>U</sub> in den homogenen Normalbetrieb B<sub>h</sub> geschaltet. Im homogenen Normalbetrieb ist der Kraftstoffverbrauch günstiger als bei hohen Regenerierfrequenzen mit kurzen Einspeicherphasen und häufigen kraftstoffintensiven, fetten Regenerierphasen. Zudem sind die Emissionen im stöchiometrischen Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) über den Drei-Wege-Katalysator ausreichend konvertierbar. Ebenso verbessert sich der Fahrkomfort im Normalbetrieb im Vergleich zum Speicher-Regenerier-Betrieb, da Regenerierphasen nicht häufig stattfinden. Der homogene Normalbetrieb B<sub>h</sub> wird so lange aufrechterhalten, bis sich die Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> auf einen Wert T<sub>0</sub> verringert hat. Dabei ist: T<sub>0</sub> = T<sub>U</sub> - ΔT. Bei Erreichen dieses Betriebspunkts P<sub>2</sub> wird vom homogenen Normalbetrieb B<sub>h</sub> in den Mager- bzw. Schichtbetrieb B<sub>s</sub> umgeschaltet. Aufgrund der abgesenkten Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> = T<sub>0</sub> wird gewährleistet, dass der Speicherkatalysator nun im bevorzugten Arbeitsbereich von T<sub>ref</sub> arbeitet und die bestmögliche Konvertierungsrate aufweist. Der Wert ΔT wird vorteilhafterweise so gewählt, dass die tatsächliche Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> im optimalen Konvertierungsbereich a, b liegt.

[0028] In der Fig. 4 ist eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt, die einen Luftmassenmesser bzw. Lufteinstellmittel 11 zum Messen bzw. Einstellen der in einen Brennraum 12 gelangenden Luftmenge L aufweist. Dem Brennraum 12 nachgeschaltet ist ein Abgasstrang, in dem eine erste Lambdasonde 13a, ein Drei-Wege-Katalysator 14, ein NOx-Speicherkatalysator 15 und eine weitere Lambdasonde 13b angeordnet sind. Zur Einspritzung von Kraftstoff K in den Brennraum 12 sind Einspritzmittel bzw. Einspritzventile 17 vorgesehen. Die Fig. 4 zeigt ferner ein Steuer- und Regelgerät 16, dessen Eingangsgrößen die Messwerte der Lambdasonden 13a, 13b, die Temperatur des Speicherkatalysators 15 und die Messwerte des Luftmassenmessers 11 umfassen. Ferner können weitere Eingangsgrößen vorgesehen sein, zu denen zählen können: Die Umgebungstemperatur, die Motordrehzahl, die eingespritzte Menge an Kraftstoff (Kraftstoffverbrauch), der Luftdruck und/od. dgl..

[0029] Das Steuer- und Regelgerät 16 steuert zum einen die Lufteinlassmittel 11, die Drosselklappen umfassen können, und zum anderen die Einspritzmittel 17. Folglich kann über das Steuer- und Regelgerät 16 das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (magerer Betrieb oder fetter Betrieb) in dem Brennraum 12 eingestellt werden. Ferner kann eingestellt werden, ob die Brennkraftmaschine 10 im mageren Schichtbetrieb, im fetten Homogenbetrieb oder im homogenen Normalbetrieb läuft. Um eine günstige Konvertierung der Abgase A im Drei-Wege-Katalysator 14 zu erreichen, ist es erforderlich, die Brennkraftmaschine 10 innerhalb eines vorgesehnenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses im Brennraum zu betreiben. Dazu messen die beiden Lambdasonden 13a und 13b den Sauerstoffgehalt des Abgases vor bzw. nach dem Drei-Wege-Katalysator 14. Die Lambdasonde 13b misst neben dem Sauerstoffgehalt des Abgases auch einen Wert des Abgases, welcher Rückschlüsse auf die NOx-Emissionen im Abgas erlaubt. Selbstverständlich kann anstelle der Lambdasonde auch ein NOx-Sensor Anwendung finden.

[0030] Wird in den Kraftstoff sparenden, mageren Schichtbetrieb umgeschaltet, so konvertiert der Drei-Wege-Katalysator 14 insbesondere Stickoxide NOx unzureichend. Deshalb ist dem Drei-Wege-Katalysator 14 der NOx-Speicherkatalysator 15 nachgeschaltet. Er ist zusammen mit dem im mageren Abgas (Schichtbetrieb) vorhandenen Sauerstoff in der Lage, die Stickoxide an seiner Oberfläche in Form von Nitraten anzulagern. Sobald aber dessen Speichervermögen erschöpft ist, muss der Speicherkatalysator 15 rege-

niert werden. Dazu wird kurzfristig auf fetten Homogenbetrieb umgeschaltet, wobei das Nitrat vor allem zusammen mit CO zu Stickstoff reduziert wird.

[0031] Steigt der NOx-Wert des Abgases über einen vorgesehenen Wert, so ist dies ein Zeichen dafür, dass das Speichervermögen des NOx-Speicherkatalysators 15 erschöpft ist. Das Regel-Steuergerät 16 schaltet dann kurzzeitig auf fetten Homogenbetrieb. Zur Bestimmung des Wirkungsgrades des Speicher-Regenerier-Betriebs wird zum einen die

10 Regenerierfrequenz und zum anderen die integrierte Rohemission des NOx betrachtet.

[0032] Das Steuer- und Regelgerät 16 umfasst eine zentrale Steuereinheit 18, die bei erschöpftem Speichervermögen des Speicherkatalysators 15 kurzfristig auf Homogenbetrieb umschaltet. Zur Feststellung, ob der NOx-Speicherkatalysator 15 seine optimale Konvertierungsleistung aufweist, wird zum einen die Regenerierfrequenz f abgefragt und zum anderen die integrierte NOx-Rohemission I<sub>NOx</sub>. Liegt die Regenerierfrequenz f unterhalb einer Schwellfrequenz f<sub>s</sub>, so spricht dies für eine hohe Konvertierungsrate des Speicherkatalysators. Liegt die NOx-Rohemission I<sub>NOx</sub> oberhalb einer Schwelle S, so spricht auch dies für eine hohe Konvertierungsrate des Speicherkatalysators 15. Liegt hingegen die Regenerierfrequenz f oberhalb der Schwellfrequenz f<sub>s</sub> oder der integrierte Wert I<sub>NOx</sub> unterhalb der Schwelle S, so spricht dies gegen eine ausreichende Konvertierungsrate des Speicherkatalysators 15.

[0033] Im Falle einer unzureichenden Konvertierungsleitung im Speicher-Regenerier-Betrieb wird dauerhaft in den homogenen Normalbetrieb mit λ = 1 geschaltet. Die Abgaskonvertierung erfolgt dann über den Drei-Wege-Katalysator 14. In den Speicher-Regenerier-Betrieb wird erst dann wieder geschaltet, wenn die Katalysatortemperatur T<sub>Kat</sub> einen Wert aufweist, der der Umschalttemperatur T<sub>U</sub> des Speicherkatalysators 15 minus bzw. plus einer Temperaturdifferenz ΔT beträgt (vgl. dazu die Beschreibung der Fig. 1 bis 3).

[0034] Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfundungswesentlich sein.

#### Patentansprüche

45 1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), insbesondere zum Reduzieren des NOx-Anteils des Abgases der Brennkraftmaschine (10), wobei in einem gesteuerten/geregelten Speicher-Regenerier-Betrieb in bei magerem Betrieb ( $\lambda > 1$ ) NOx im Speicherkatalysator (15) eingespeichert wird (Speicherphase) und bei fettem Betrieb ( $\lambda < 1$ ) der Speicherkatalysator (15) regeneriert wird (Regenerierphase), dadurch gekennzeichnet, dass der Wirkungsgrad des Speicher-Regenerier-Betriebs betrachtet wird und bei Unterschreiten unter einen Schwellenwert (S, f<sub>s</sub>) vom Speicher-Regenerier-Betrieb in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird.

50 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirkungsgrad anhand des Kraftstoffverbrauchs ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffverbrauch über das Integral des im Speicher-Regenerier-Betrieb eingespritzten Kraftstoffs ermittelt wird.

60 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirkungsgrad anhand der NOx-Emission hinter dem Speicherkatalysator (15) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass im mageren Betrieb ein Integral über die NOx-Rohemissionen ( $I_{NOx}$ ) gebildet wird und bei Umschaltung von der Speicherphase zur Regenerierphase überprüft wird, ob das Integral ( $I_{NOx}$ ) einen Schwellenwert (S) überschritten oder unterschritten hat, wobei dann in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird, wenn das Integral über die NOx-Rohemissionen ( $I_{NOx}$ ) den Schwellenwert (S) unterschreitet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass der Wirkungsgrad anhand der Regenerierfrequenz (f) der Umschaltung von der Speicherphase zu der Regenerierphase ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dann in den Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) geschaltet wird, wenn die Regenerierfrequenz (f) eine Schwellfrequenz ( $f_s$ ) überschreitet. 15
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Normalbetrieb wieder in den Speicher-Regenerier-Betrieb geschaltet wird, wenn sich wenigstens eine Randbedingung des Speicherkatalysators einen Grenzwertwert ( $T_u - \Delta T$ ) über- oder unterschreitet. 20
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwertwert ( $T_u - \Delta T$ ) ein konstanter 25 oder variabler Wert ist.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass als Randbedingung die Katalysator-temperatur ( $T_{Kat}$ ) herangezogen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert aus der Umschalttemperatur ( $T_u$ ) des Speicherkatalysators (15) in den Normalbetrieb minus bzw. plus einer Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ ) gebildet wird, wobei dann in den Speicher-Regenerier-Betrieb geschaltet wird, wenn die tatsächliche 35 Katalysator-temperatur ( $T_{Kat}$ ) den Grenzwert ( $T_u - \Delta T$ ) über bzw. unterschreitet.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellenwert ( $T_u - \Delta T$ ) im mittleren Bereich des Arbeitstemperaturbereichs (a, b) 40 des Speicherkatalysators (15) liegt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im mageren Betrieb die Brennkraftmaschine (10) im Schichtbetrieb ( $B_s$ ) betrieben wird und dass im fetten Betrieb die 45 Brennkraftmaschine (10) im Homogenfettbetrieb ( $B_h$ ) betrieben wird.
14. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es 50 auf einem Computer ausgeführt wird.
15. Computerprogramm nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.
16. Steuer- und/oder Regelgerät (16) zum Betreiben 55 einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass es zum Steuern und/oder Regeln eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 geeignet ist.
17. Brennkraftmaschine (10) mit mindestens einem Brennraum (12) und mit einem das den Brennraum 60 (12) verlassenden Abgas führenden Abgasstrang, mit Mitteln (11, 17) zum Einstellen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses im Brennraum (12), mit wenigstens einem in dem Abgasstrang angeordneten Drei-Wege-Katalysator (14) und mit wenigstens einem in dem Abgasstrang 65 angeordneten NOx-Speicherkatalysator (15), wobei bei magerem Betrieb (Luftüberschuss) NOx im NOx-Speicherkatalysator (15) gespeichert wird (Spei-

cherphase), bei fettem Betrieb (Luftmangel) der Speicherkatalysator (15) regeneriert wird (Regenerierphase) und bei Normalbetrieb ( $\lambda = 1$ ) im Drei-Wege-Katalysator (14) eine katalytische Abgasnachbehandlung erfolgt, und wobei ein Steuer- und/oder Regelgerät (16) die Brennkraftmaschine (10) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 steuert bzw. regelt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

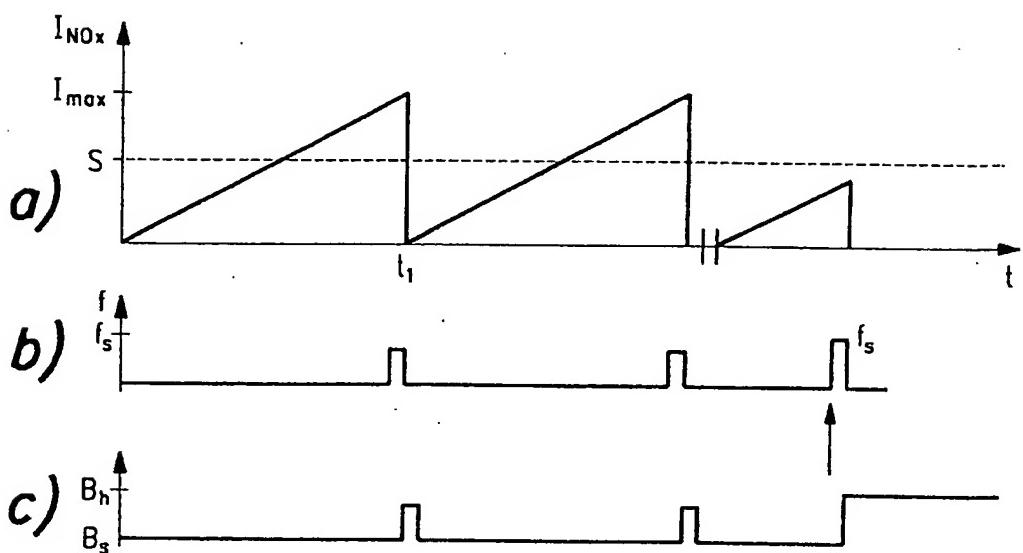
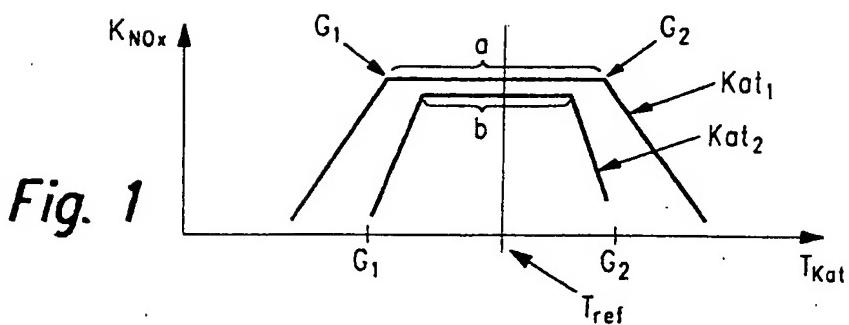


Fig. 2

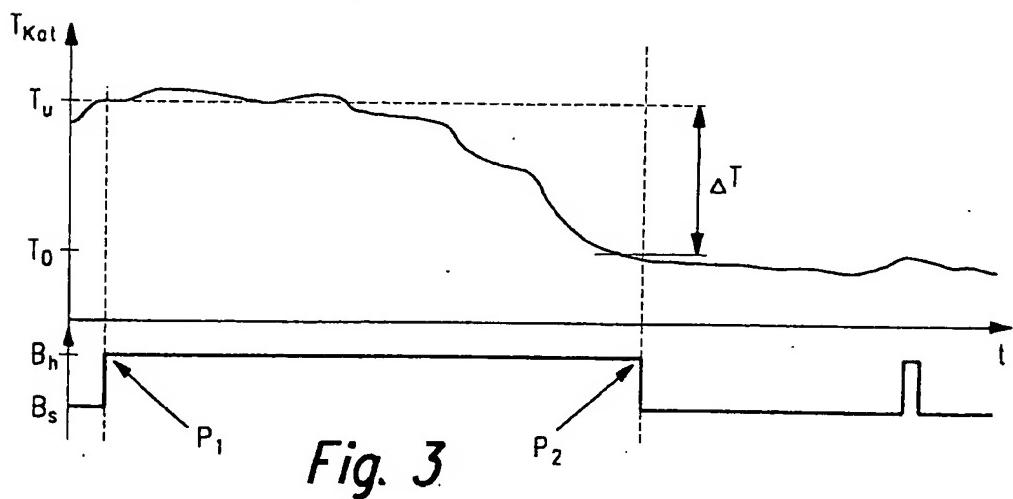


Fig. 3

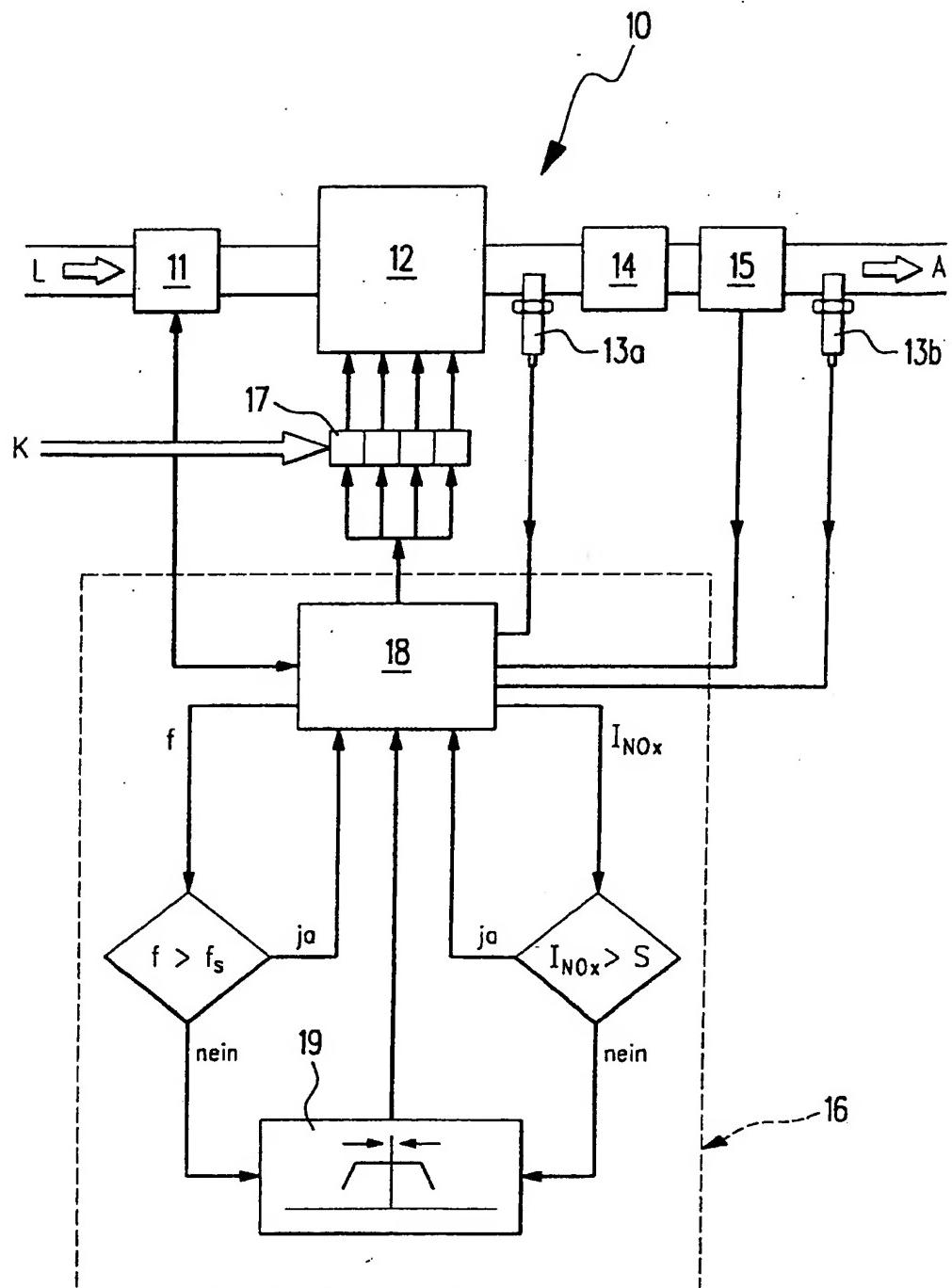


Fig. 4